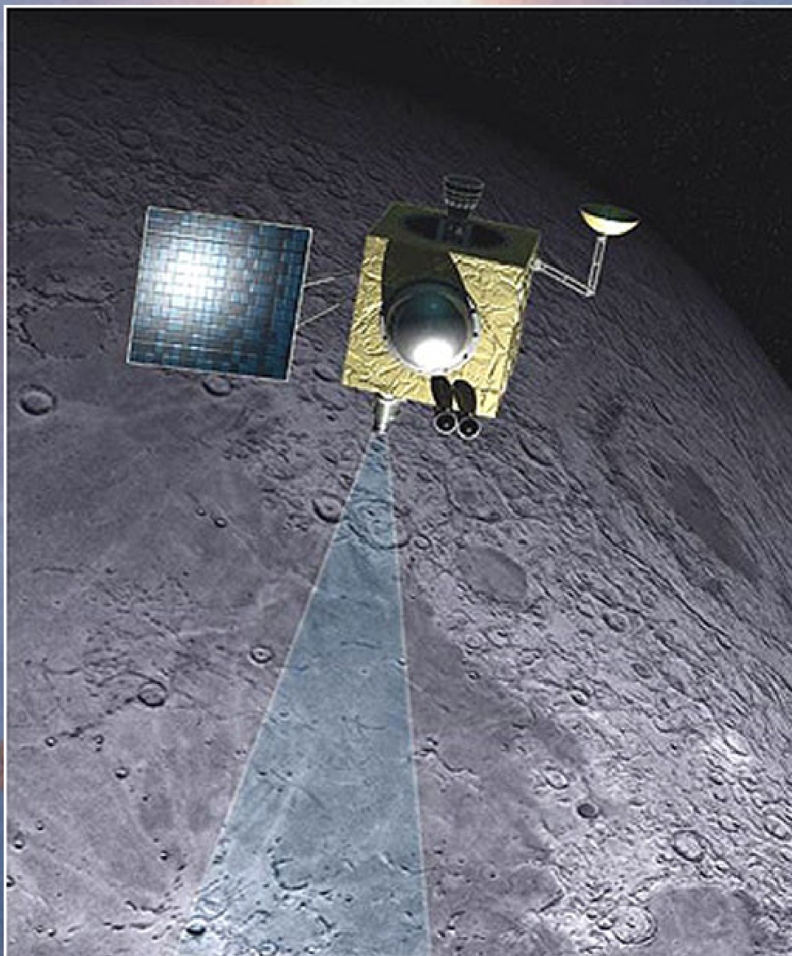
CHANDRAYAAN-1



(ISRO)

INDIE SIĘGAJĄ KSIĘŻYCA

KONSTRUKCJA

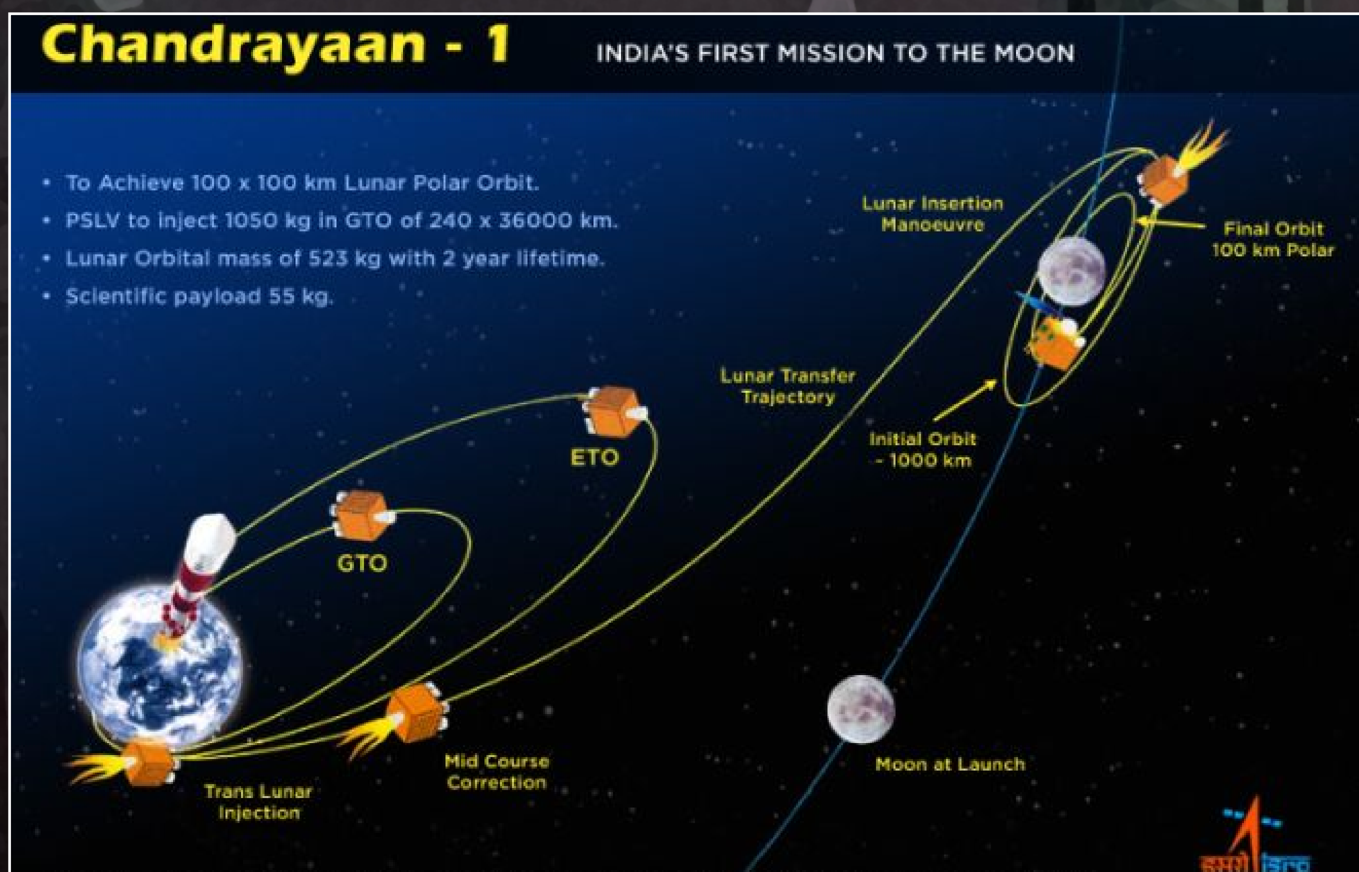
Sonda składa się z dwóch części - orbitera oraz niewielkiego impaktora.

Orbiter zbudowany jest na kształt zwykłej sondy meteo (modelu Kalpansat) o wymiarach 1.5 x 1.5 x 1.5m i zasilana z jednego panelu słonecznego o wymiarach 2,15 x 1,8 metra, który będzie ją zaopatrywał w 750 Watt energii i ładował baterie litowo-jonowe (o pojemności 24Ah). Stabilizacja satelity jest trójosiowa. Silnik głowny zapewnia ciąg 440 Newtonów, dodatkowo osiem małych silniczków systemu RCS jest zdonlych do uzyskania ciągu o sile 22 Newtonów każdy. Na szczycie orbitera, do momentu jego uwolnienia, będzie znajdować się niewielki lądownik (Moon Impact Probe, lub w skrócie MIP) o masie około 29 kg i wymiarach 37,5 x 37,5 x 47,0 centymentrów, zaopatrzony w niewielki silnik hamujący. Łączność z Ziemią zapewnia antena o średnicy siedemdziesięciu centrymentrów.

Sonda wystrzelona zostanie za pomoca zmodyfikowanej rakiety PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) z kosmodromu w Satish Dhawan Space Centre na wyspie Sriharikota.



PSLV C-11 transportowana na wyrzutnię (ISRO)



Rysunek schematyczny przedstawiający planowany lot Chandrayaan-1 (ISRO)

CELE MISJI

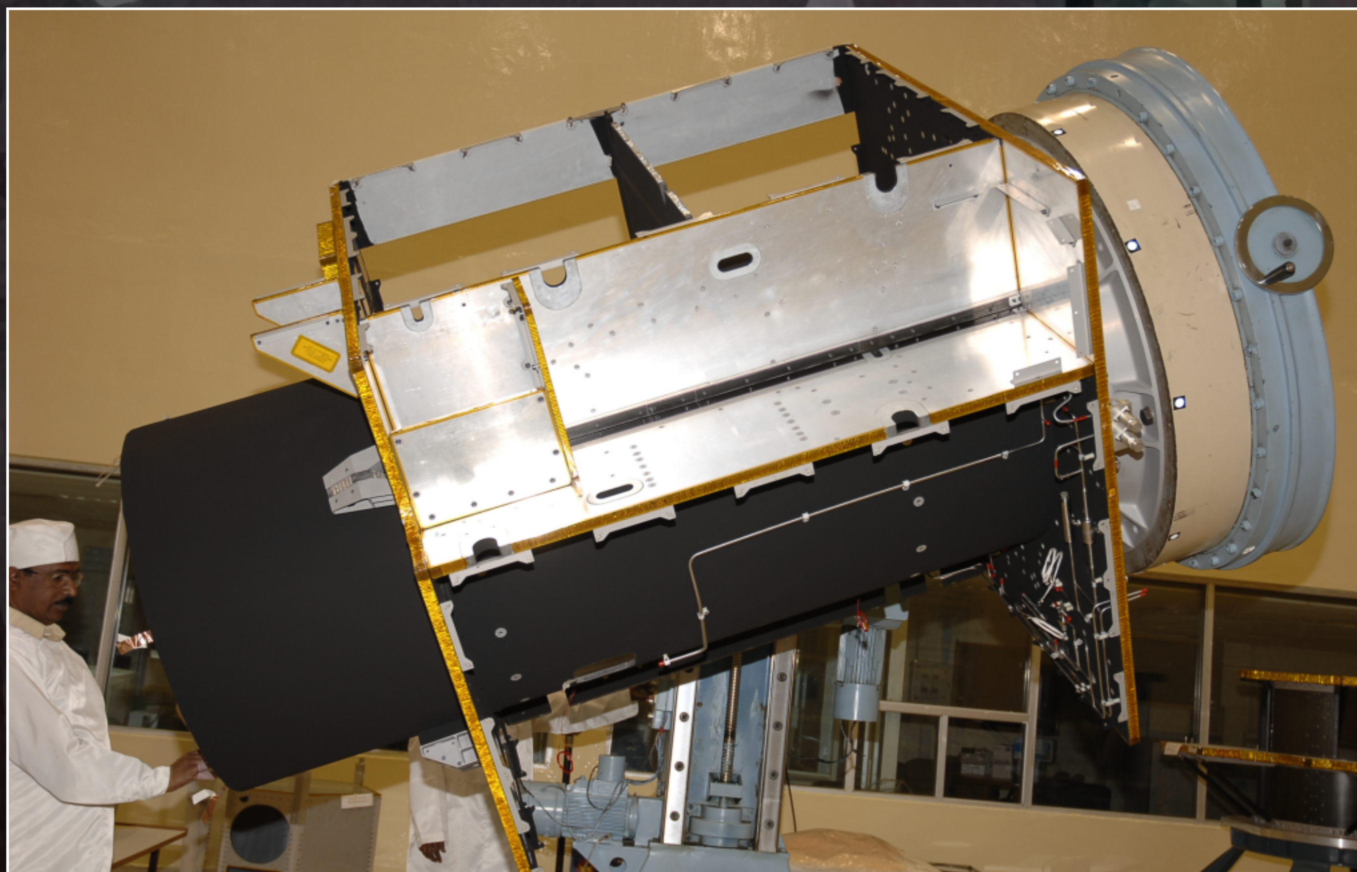
Misja ma na celu między innymi przeprowadzenie obserwacji powierzchni Księżyca w zakresie promieniowania widzialnego, bliskiej podczerwieni i promieniowania rentgenowskiego o niskiej i wysokiej energii. Wykonane również zostaną trójwymiarowe mapy powierzchni Księżyca o rozdzielczości od pięciu do dziesięciu metrów.

Wykonane zostaną mapy rozmieszczenia pierwiastków chemicznych i minerałów na Księżycu: określenie rozmieszczenia magnezu, glinu, krzemu, wapnia, żelaza i tytanu z rozdzielczością 20 km; określenie rozmieszczenia radonu, uranu i toru z rozdzielczością 40 km; poszukiwanie depozytów lodu wodnego (tu swój udział będzie miała NASA).

ISRO liczy również na zebranie doświadczenia niezbędnego do przeprowadzenia misji księżycowych, w tym w operowaniu sondą księżycową, jej instrumentami naukowymi, rakietą nośną, systemem łączności kosmicznej dalekiego zasięgu i pozostałą infrastrukturą naziemną misji.



PSLV C-11 transportowana na wyrzutnię
(ISRO)



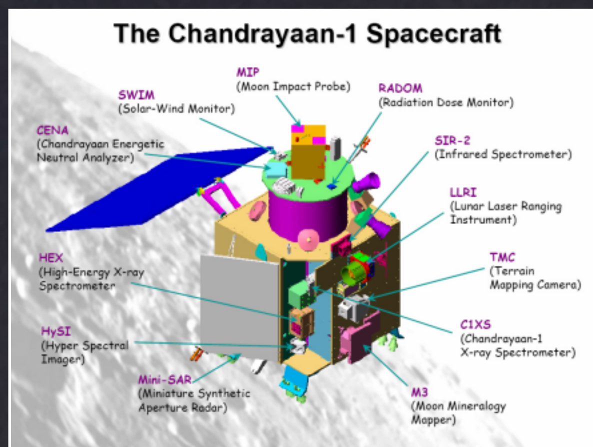
Chandrayaan-1
(ISRO)

WYPOSAŻENIE

Instrumenty naukowe sondy zostały umieszczone na jej zewnętrznych ścianach, i mają masę 55 kilogramów. W ich skład wchodzi zestaw instrumentów indyjskich, a ponadto 10 kilogramów i 10 W mocy zostało zarezerwowane na instrumenty międzynarodowe. W skład wyposażenia indyjskiego wchodzą: spektrometr promieniowania rentgenowskiego i gamma wysokich energii (High Energy X-ray/Gamma-ray Spectrometer - HEX); multispektralny system obrazujący (Hyper Spectral Imager – HySI); księżycowy laserowy instrument określającymi zasięg (Lunar Laser Ranging Instrument - LLRI); monitor rentgenowskiego promieniowania słonecznego (Solar X-ray Monitor - SXM); oraz kamera do mapowania terenu (Terrain Mapping Camera - TMC). W misji uczestniczy także NASA, ESA i Bułgaria. Instrumentami NASA są: system do mapowania mineralogicznego Księżyca (Moon Mineralogy Mapper - M3); oraz miniaturowy radar z syntezą apertury (Miniature Synthetic Aperture Radar - miniSAR). ESA posiada 3 instrumenty: obrazujący spektrometr rentgenowski sondy Chandrayaan-1 (Chandrayaan-1 Imaging X-Ray Spectrometer - CIXS-2); podkiloelektronowoltowy analizator odbicia atomów (Sub keV Atom Reflecting Analyzer - SARA); oraz spektrometr bliskiej podczerwieni (Near Infrared Spectrometer 2 - SIR-2). Instrumentem Błagarii jest monitor dozy radiacji (Radiation Dose Monitor - RADOM).

Do głównego orbitera jest także dołączony odłączany próbnik - próbnik uderzenia księżycowego (Moon Impact Probe - MIP). Zostanie on odłączony od sondy na orbicie badawczej, i zderzy się z wybranym punktem na powierzchni Księżyca. Skutki uderzenia pozwolą na wykonanie badań właściwości powierzchni Księżyca w miejscu lądowania. Ponadto próbnik ten posiada 3 instrumenty naukowe: spektrometr masowy wysokiej rozdzielczości (High-Resolution Mass Spectrometer); wysokościomierz pasma S (S-Band Altimeter); oraz kamerę wideo (Video Camera).

C1XS jest instrumentem który pozwoli na zmapowanie zawartości pierwiastków takich jak Mg, Al, Si, Ca, Fe, Ti. Instrument składa się z 2 części: spektrometr obrazującego promieniowania

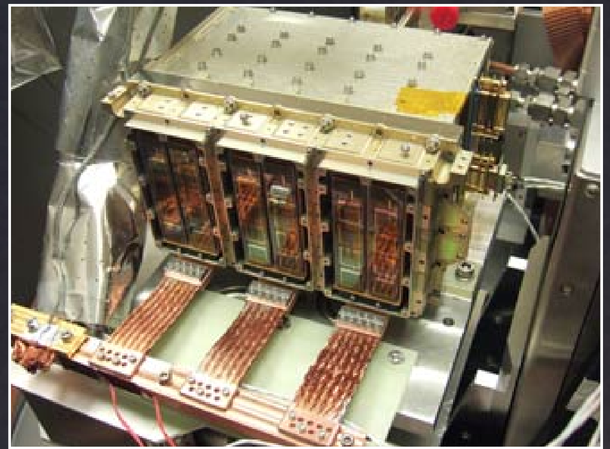


PSLV C-11 transportowana na wyrzutnię
(ISRO)



Jedna z anten indyjskiego systemu DSN
(Piotr Sitek)

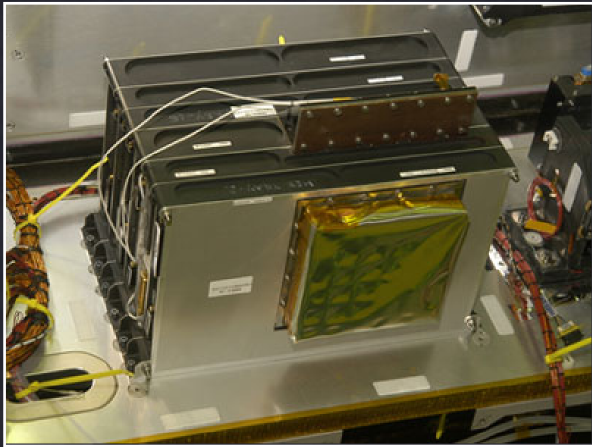
rentgenowskiego (Chandrayaan-1 X-ray Spectrometer - C1XS); oraz monitora słonecznego promieniowania rentgenowskiego (X-ray Solar Monitor - XSM). Urządzenie C1XS wykrywa promieniowanie rentgenowskie emitowane na skutek wzbudzania atomów przez słoneczne promieniowanie rentgenowskie. Energia promieniowania jest charakterystyczna dla pierwiastka, który je wyemitował i pozwala na jego zidentyfikowanie. Urządzenie działa w zakresie energetycznym 0.5 - 10 keV. Obserwacje obejmują pas terenu o szerokości 20 kilometrów. Urządzenie XSM służy do celów kalibracyjnych. Ponadto umożliwia ciągłe monitorowanie słonecznego promieniowania rentgenowskiego i wzięcie na niego poprawy podczas analizy danych. Urządzenie to wykonuje pomiary słonecznego promieniowania rentgenowskiego w zakresie energii 2 - 10 keV. Rozdzielczość pomiarów energii wynosi 5% przy energii 6 keV. Pole widzenia ma wielkość 90 stopni. Instrument C1XS został opracowany przez ESA. Został zaprojektowany i rozwinięty w Laboratorium Rutheforda (Rutherford Appleton Laboratory - RAL) w Wielkiej Brytanii. Zasępił on pierwotnie planowany dla misji Handrayaan-1 instrument ISRO - spektrometr promieniowania rentgenowskiego niskich energii (Low Energy X-ray Spectrometer - LEX). Konstrukcja instrumentu jest oparta na podobnym urządzeniu D-CIXS (Demonstration of a Compact Imaging X-ray Spectrometer) zastosowanym na europejskiej sondzie SMART-1.


Chandrayaan-1 X-Ray Spectrometer
(ISRO)


C1XS podczas testów wibracyjnych
(Rutherford Appleton Laboratory)

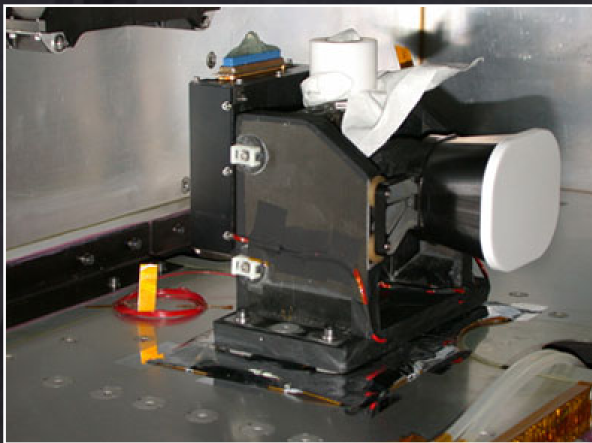
HEX pozwoli na zmapowanie zawartości pierwiastków promieniotwórczych w powierzchni Księżyca. Do jego zadań naukowych zaliczają się: określenie zawartości i rozkładu takich pierwiastków jak 210Pb, 222Rn, U, Th itp; wykonywanie poszukiwań odgazowywania powierzchni Księżyca; oraz zbadanie transportu lotnych substancji na Księżycu. Urządzenie HEX wykrywa promieniowanie rentgenowskie i gamma emitowane przez naturalne izotopy promieniotwórcze w skorupie Księżyca. Energia promieniowania pozwala na zidentyfikowanie danego pierwiastka. Do badań transportu lotnych substancji na Księżycu wykrywana będzie linia 46.5 keV z Pb-210 jako wskaźnikiem. Instrument pracuje w zakresie energii 20 - 250 keV. Rozdzielczość pomiarów energii (FWHM) wynosi 5% przy energii 60 keV. Pole widzenia ma


Urządzenie HEX
(ISRO)



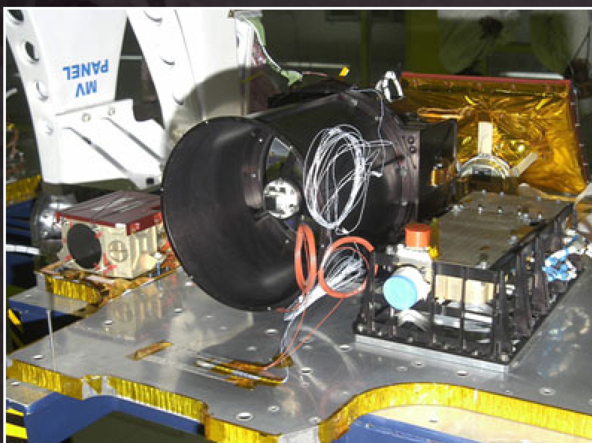
Urządzenie HEX
(ISRO)

wymiary 10 x 10 stopni. Rozdzielczość przestrzenna pomiarów wynosi 20 - 40 kilometrów. W instrumencie zastosowano detektory półprzewodnikowe CdZnTe (detektory CZT) wraz z odpowiednim kolimatorem dostarczającym efektywnej rozdzielczości przestrzennej 40 kilometrów w obszarze energii niskich (poniżej 60 keV). W urządzeniu zastosowano tatrze system niejednoczesności CsI w celu zmniejszenia szumu tła. Instrument HEX został opracowany przez Indyjską Organizację Badań Kosmicznych (Indian Space Research Organization - ISRO) we współpracy z ESA.



Montaż urządzenia HySI
(ISRO)

System HySI jest urządzeniem służącym do obrazowania powierzchni Księżyca w różnych zakresach widma. Jego podstawowym celem naukowym jest uzyskanie mineralogicznej mapy Księżyca. Optyka instrumentu jest optyką refrakcyjną. Detektor jest urządzenie opracowanym w technologii sensora aktywnych pikseli (Active Pixel Sensor - APS). Ma on wymiary 256 x 512 pikseli. Instrument pracuje w zakresie spektralnym 400 - 900 manometrów. Rozdzielczość spektralna wynosi 15 manometrów, a rozdzielczość przestrzenna - 80 metrów z wysokości 100 kilometrów. Obraz obejmuje obszar o szerokości 20 kilometrów (pole widzenia FOV +/- 13 stopni). Obrazy są wykonywane przez 32 filtry spektralne.

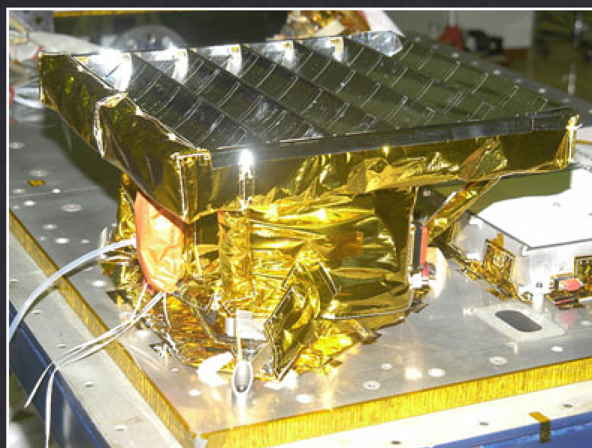


Lunar Laser Ranging Instrument
(ISRO)

Instrument LLRI jest wysokościomierzem laserowym. Jego podstawowym celem naukowym jest opracowanie mapy topograficznej Księżyca poprzez dokładne pomiary wysokości statku kosmicznego ponad powierzchnią. Między innymi uda się opracować pierwszą taką mapę dla regionów polarnych Księżyca. Dioda laserowa jest laserem półprzewodnikowym Nd:YAG wysyłający światło o długości fali 1064 nm i energii wiązki 20 - 50 mJ. Układ optyczny składa się z nadajnika w postaci teleskopu Galileusza 38 mm i odbiornika w postaci teleskopu 170 mm. Dioda laserowa będzie wysyłała na powierzchnię Księżyca impulsy laserowe poprzez nadajnik układu optycznego. Po odbiciu się od powierzchni będą one powracały do instrumentu. Poprzez odbiornik systemu optycznego będą trafiały na detektor w postaci fotodiody krzemowej (Silicon-Avalanche Photodiode - Si-APD). Mierzenie czasu ich powrotu, energii powrotnej

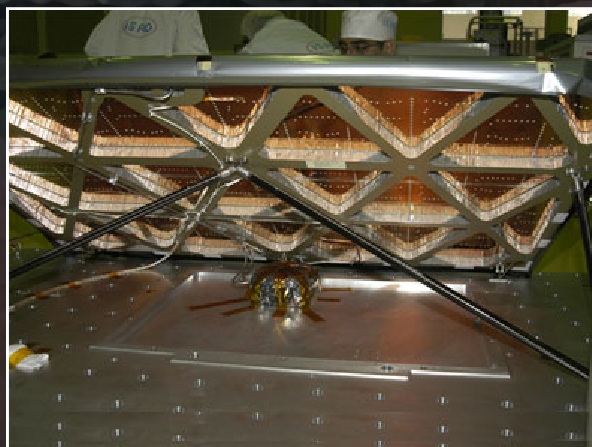
i rozszerzenia wiązki pozwoli na dokładne określenie topografii powierzchni Księżyca wzdłuż orbity statku kosmicznego. Częstotliwość impulsów wynosi 10 Hz. Szerokość impulsów wynosi 5 ns. Rozdzielczość pionowa pomiarów topograficznych wyniesie 10 metrów.

Podstawowym celem M3 jest opracowanie szczegółowej mapy mineralogicznej Księżyca. Pozwoli on na opracowanie pierwszych, globalnych map geologicznych i mineralogicznych Księżyca. Wyniki jego pomiarów uzupełnią dane zebrane dzięki sondzie LRO. Optyka instrumentu to trójzwierciadlany teleskop anastygmatyczny (Three Mirror Anastigmatic Telescope - TMA). Wszystkie elementy optyczne są wykonane z aluminium. Pole widzenia wynosi 25 stopni. Instrument pracuje w zakresie długości fal 700 - 3000 nm z rozdzielczości spektralną 10 nm (optymalny tryb to zakres 400 - 3000 nm z rozdzielczością spektralną 10 nm). Detektor ma postać powierzchni z 640 elementami przestrzennymi w poprzek obserwowanego pasa terenu. Jest to macierz HgCdTe o wymiarach 640 x 480 pikseli. Urządzenie M3 zostało opracowane przez NASA i wybrane w ramach programu Discovery Announcement of Opportunity w lutym 2005 roku. Instrument został rozwinięty przez JPL i Uniwerystet Brown (Brown University) w Providence.



Urządzenie M3
(ISRO)

MiniSAR pozwoli na wykonanie poszukiwań lodu wodnego w wiecznie ocienionych kraterach na biegunach Księżyca. Instrument pozwoli na opracowanie map rozpraszania radarowego. Mapy rozproszenia w strefach polarnych będą miał typową rozdzielczość 1 - 2 kilometrów na piksel. Dodatkowo zostaną opracowane kompletne mozaiki SAR dla biegunów o rozdzielczości 150 metrów na piksel. Te obrazy pokażą pokłady lodu, morfologię i topografię stale ocienionych regionów na obu biegunach Księżyca. Instrument miniSAR będzie wysyłał impulsy radarowe na powierzchnię Księżyca, a następnie rejestrował odbite echo radarowe. Zmiany parametrów sygnału dobitego pozwolą na określenie właściwości elektrycznych gruntu w zacienionych kraterach księżycowych, a także na opracowanie ich obrazów radarowych. Pozwoli to na określenie zasobów lodu wodnego w tych obszarach. Instrument miniSAR wysyła impulsy o polaryzacji prawostronnej kołowej (Right



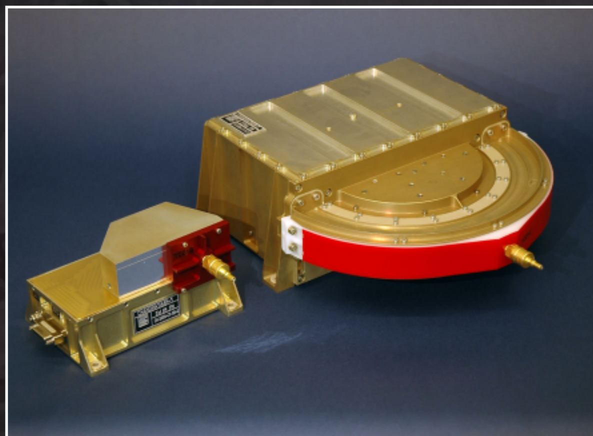
Urządzenie MiniSAR
(ISRO)

Circular Polarization - RCP) a następnie odbiera zarówno sygnały o polaryzacji lewostronnej kołowej (Left Circular Polarization - LCP) jak i RCP. Instrument należy do NASA. Urządzenie zostało rozwinięte przez Laboratorium Fizyki Stosowanej (Applied Physics Laboratory - APL) na Uniwersytecie im. Johna Hopkinsa (Johns Hopkins University - JHU) w Laurel, Maryland, USA.



Instrument RADOM
(ISRO)

RADOM jest instrumentem, którego głównym celem jest wykonanie pomiarów środowiska radiacji wokół Księżyca. Instrument ten składa się z detektora półprzewodnikowego (Solid-State Detector - SSD), który wykonuje pomiary: wypływu cząstek energetycznych(jonów i elektronów) i promieniowania gamma słonecznego i galaktycznego promieniowania kosmicznego oraz spektrum energii. Detektor krzemowy ma powierzchnię 2 centymetrów kwadratowych. Instrument RADOM został opracowany w Bułgarii przez Laboratorium Wpływów Słońce - Ziemia (Solar Terrestrial Influences Laboratory) Bułgarskiej Akademii Nauk (Bulgarian Academy of Sciences), Sofia, Bułgaria.



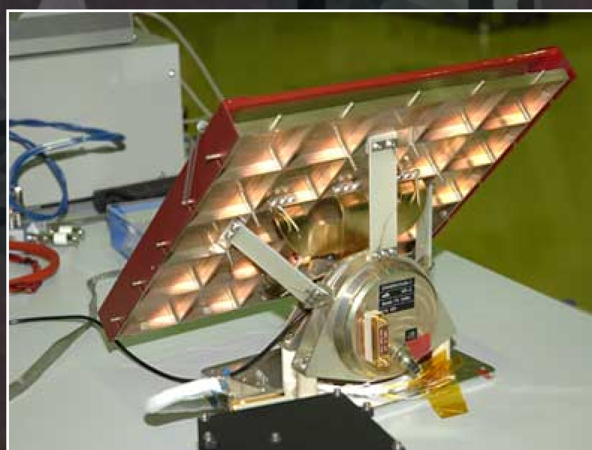
Instrument SARA
(Swedish Institute of Space Physics)

SARA jest instrumentem którego zasadniczym celem jest zmapowanie składu atomów neutralnych niskich energii (Low Energy Neutral Atoms - LENAs) wybitych z najbardziej powierzchniowej warstwy skorupy Księżyca przez wiatr słoneczny. Są to atomy o energiach od 10 eV do około 2 keV. Instrument składa się z 3 podsystemów: sensora atomów neutralnych niskich energii (Low Energy Neutral Atoms Sensor - LENA); monitora wiatru słonecznego (Solar Wind Monitor - SWIM) i procesora cyfrowego (Digital Processing Unit - DPU). Podsystem LENA pozwala na detekcję atomów typu LENA pochodzących z powierzchni Księżyca w zakresie energii 10 eV - 2 keV. Pole widzenia ma wymiary 15 x 160 stopni. W urządzeniu tym atomy neutralne są przekształcane w jony dodatnie na powierzchni jonizacyjnej po wyselekcjonowaniu ich ze strumienia przez deflektor elektrostatyczny, a następnie wchodzą do sensora. Szybkość cząstek jest określana na podstawie ich czasu lotu przez detektor, a masa jest określana przez analizator elektrostatyczny. Rozdzielczość masowa pozwala na odróżnienie pierwiastków H, O, Na-Mg, K-Ca i członków grupy Fe. Ponieważ Księżyc nie posiada znaczącej

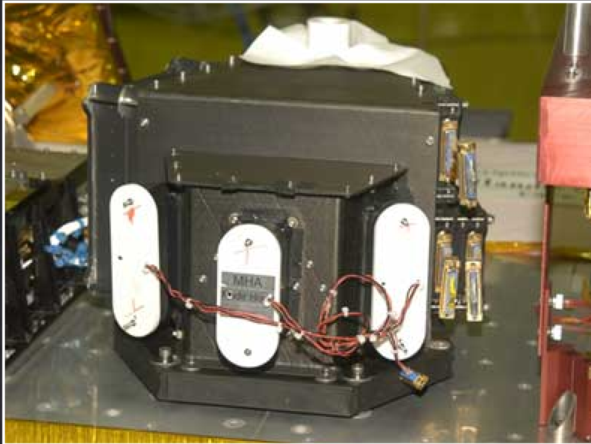
magnetosfery ani atmosfery gęstość neutralnych atomów w jego pobliżu jest niezmiernie mała, i spowodowana głównie wybijaniem przez wiatr słoneczny. Wkład parowania mikrometeorytów i oddziaływań powierzchni z fotonami słonecznymi jest oceniany jako bardzo mały w obszarze niskich energii w którym pracuje instrument. Po koniecznych przekształceniach pomiary te pozwalają na opracowanie mapy rozmieszczenia rejestrowanych pierwiastków na powierzchni Księżyca. Podsystem SWIM służy do stałego monitorowania wiatru słonecznego i umożliwia wzięcie poprawki na jego zmiany w trakcie analizy danych. Pracuje w zakresie energii 10 eV - 15 keV. Pole widzenia ma wymiary 9 x 180 stopni. Podsystem DPU służy do zbierania i obróbki danych dostarczanych przez instrument, a także do sterowania i kontroli urządzenia. Instrument SARA został opracowany pod kierownictwem ESA. W pracach nad nim brały udział: Instytut Fizyki Kosmicznej (Institute of Space Physics - ISP) w Kiruie, Szwecja; należące do ISRO Centrum Kosmiczne im. Vikrama Sarabhai (Vikram Sarabhai Space Center) w Trivandrum, Indie; JAXA w Tokio, Japonia; oraz Uniwersytet w Bernie (University of Bern), Szwajcaria.


Jeden z elementów SARA
(ISRO)

SIR-2 pozwoli na wykonanie mapowania mineralogicznego powierzchni Księżyca. Dane z SIR-2 w połączeniu z danymi HySI dostarczą po raz pierwszy pełnego spektralnego pokrycia oliwinów i dużej części piroksenów na powierzchni Księżyca. Pozwoli to na opracowanie parametrów wejściowych dla modeli mineralogicznych Księżyca. W skład instrumentu wchodzą 3 zasadnicze komponenty: jednostka sensora (Sensor Unit); jednostka zasilania (Power Unit) i jednostka kontrolna (Internar Control Unit - ICU). Jednostka sensorów jest połączona z jednostką zasilania w moduł o wymiarach 260 mm x 171 mm x 143 mm. Zawiera detektor macierzowy w postaci fotodiody InGaAs, elektronikę odzyskiwania informacji, 16-bitowy przetwornik analogowo - cyfrowy (Analog-to-Digital Converter - ADC), mikroprocesor/kontroler danych i rozkazów, oraz konwerter DC/DC zasilający komponenty elektroniczne. Instrument pokrywa zakres długości fal 0.93 - 2.45 um. Jednostka elektroniki służy do gromadzenia i przetwarzania danych zbieranych przez instrument, a także do jego kontroli i sterowania.


Urządzenie SIR-2
(ISRO)

Instrument należy do ESA. W jego rozwoju brały udział: Instytut Fizyki Pozaziemskiej im. Maxa Plancka (Max Planck Institut für Sonnensystemforschung - MIP) w Katlenburg-Lindau, Niemcy; oraz Uniwersyet Bergen (University of Bergen - UiB) w Bergen, Norwegia. Jest to ulepszona wersja spektrometru SIR (SMART-1 Infrared Spectrometer) użytego na SMART-1.



Kamera TMC
(ISRO)

Kamera TMC jest systemem obrazującym sondy Chandrayaan 1. Jej podstawowym celem naukowym jest wykonanie zdjęć powierzchni Księżyca w dużej rozdzielczości, w celu uzyskania wysokorozdzielczych map Księżyca i wykonania badań jego geologii. System optyczny (optyka refrakcyjna ze zwierciadłem) skupia światło na systemie 3 detektorów CCD produkujących obrazy. CCD zostały umieszczone w płaszczyźnie ogniskowej systemu optycznego. Detektory są liniowe i budują obraz powierzchni linia po linii. Jeden detektor jest skierowany w stronę nadiru, drugi do przodu, a trzeci - do tyłu. Pole widzenia wzdłuż orbity wynosi 20.02 stopnia, a w poprze obrazowanego pasa terenu - 5.7 stopnia. Obrazy powierzchni Księżyca będą charakteryzowały się rozdzielczością przestrzenną rzędu 5 metrów z wysokości 100 kilometrów. Będzie można złożyć z nich obrazy stereoskopowe. Będą obejmować obszar o szerokości 20 kilometrów. Kamera nie posiada filtrów barwnych, i uzyskiwane obrazy będą monochromatyczne w zakresie spektralnym 400 - 900 nm.

Raport opracowany dzięki działalności forum

ASTRO4U.NET

http://astro4u.net

Raport opracowali:

Matias
Adam Piech
Kamil Rzeszowski

Raport opracowano z wykorzystaniem materiałów udostępnionych przez ISRO oraz ESA.

Wersja 19102008